

Directed effusive beam atomic layer epitaxy system and method

Directed effusive beam atomic layer epitaxy system and method

Patent Number: ☐ US5316793
Publication date: 1994-05-31
Inventor(s): GNADE BRUCE E (US); WALLACE ROBERT M (US)
Applicant(s): TEXAS INSTRUMENTS INC (US)
Requested Patent: ☐ JP6224138
Application Number: US19920919685 19920727
Priority Number(s): US19920919685 19920727
IPC Classification: C23C16/00
EC Classification: C30B25/14, C23C16/455
EC Classification: C30B25/14; C23C16/455
Equivalents:

Abstract

A system and method for epitaxial growth of high purity materials on an atomic or molecular layer by layer basis wherein a substrate is placed in an evacuated chamber which is evacuated to a pressure of less than about 10^{-9} Torr and predetermined amounts of predetermined precursor gases are injected into the chamber from a location in the chamber closely adjacent the substrate to form the atomic or molecular layer at the surface of the substrate while maintaining the pressure at less than about 10^{-9} Torr in the chamber in regions thereof distant from the substrate. The precursor gases are provided from a plurality of tanks containing the precursor gases therein under predetermined pressure and predetermined ones of the tanks are opened to the chamber for predetermined time periods while maintaining the pressure in the tanks. A dose limiting structure is provided for directing predetermined amounts of the precursor gases principally at the substrate with a dose limiting directional structure.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-224138

(43) 公開日 平成6年(1994)8月12日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/205				
B 0 1 J 19/00		L 9151-4G		
C 2 3 C 16/44		B 7325-4K		
C 3 0 B 25/02		Z 9040-4G		

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

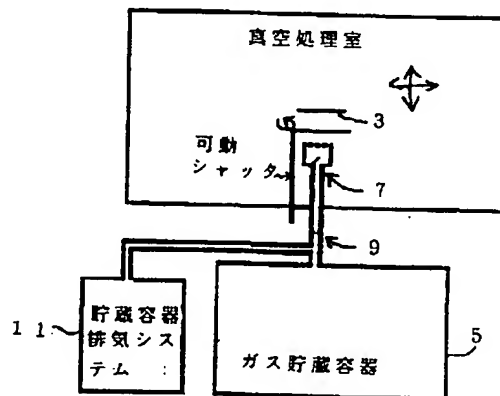
(21) 出願番号	特願平5-184091	(71) 出願人	590000879 テキサス インストルメンツ インコーポ レイテッド アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース セントラルエクスプレスウェイ 13500
(22) 出願日	平成5年(1993)7月26日	(72) 発明者	ロバート エム. ウォラス アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ゴルフ レイクス トレイル 9600 , アパート メント ナンバー 1118
(31) 優先権主張番号	9 1 9 6 8 5	(72) 発明者	ブルース イー. グナーデ アメリカ合衆国テキサス州ロウレット, ア ーデイス ドライブ 3702
(32) 優先日	1992年7月27日	(74) 代理人	弁理士 浅村 皓 (外3名)
(33) 優先権主張国	米国 (U S)		

(54) 【発明の名称】 原子層エピタキシー装置

(57) 【要約】

【目的】 原子層毎にあるいは分子層毎に高純度材料のエピタキシャル成長を行うためのシステムと方法とを得る。

【構成】 約 10^{-9} Torr よりも低い圧力に排気された真空処理室中に基板が配置され、前記基板から離れた前記処理室中の領域における圧力を約 10^{-9} Torr よりも低い値に保ちつつ、予め定められた量の複数の予め定められた前駆物質ガスが処理室中の前記基板に近接した場所から前記処理室中へ注入されて、前記基板の表面に原子層または分子層を形成する。前駆物質ガスは、その中に予め定められた圧力で収容された前駆物質ガスを含んでいる複数のタンクから、前記タンク中の圧力を保ちつつ、前記タンクの予め定められたものを前記処理室へ向けて予め定められた時間だけ開くことによって供給される。予め定められた量の前駆物質ガスを主として基板へ向けて供給するために添加量を制限する構造が設けられている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上へ単原子層または単分子層を形成する方法であって：

- (a) 排気された処理室中へ基板を配置すること、
- (b) 前記処理室を約 10^{-9} Torr より低い圧力に排気すること、および
- (c) 前記基板から離れた前記処理室の領域における圧力を低いままに保ちながら、前記処理室中へ予め定められた量の予め定められた複数の前駆物質ガスを、前記処理室中の前記基板に近い場所から注入して、前記基板の表面に前記単原子層または単分子層を形成すること、の工程を含む方法。

【請求項2】 基板上へ単原子層または単分子層を形成するためのシステムであって：

- (a) 排気された処理室、
- (b) 前記処理室を約 10^{-9} Torr よりも低い圧力に排気するための、前記処理室へつながれた排気装置、および
- (c) 前記基板から離れた前記処理室の領域における圧力を保ちながら、前記処理室中へ予め定められた量の予め定められた1つまたは複数の前駆物質ガスを、前記処理室中の前記基板に近い場所から注入して、前記基板の表面に前記単原子層または単分子層を形成するための貯蔵容器、を含むシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高純度の材料を単原子層毎、または単分子層毎にエピタキシャル成長させるための方法と装置とに関する。

【0002】

【従来の技術】 原子層エピタキシー (ALE) は、*Vacuum* の第42巻、頁61 (1991年) にM. A. ハーマン (Harman) によって述べられ、またChapman and Hall から1990年に出版されたT. サントラ (Suntola) とM. シンプソン (Simpson) 編集によるAtomic Layer Epitaxyに述べられ、更にT. サントラ (Suntola) とM. アントソン (Antson) による米国特許第4,048,430号に述べられたように、ここ十年以上に亘って知られている。ALEは、多様な材料の高品質な結晶膜を作成できることを示してきた。ALE方式は実際には、気相堆積 (CVD) や分子線エピタキシー (MBE) のような他の物理的、化学的堆積成長法の1つの特別なモードである。ALEは、注意深く処理された、典型的には加熱された基板表面での化学反応に基づいている。膜の構成元素は、中性の分子や原子のパルスとして逐次的に試料に対して供給される。

【0003】 ALEプロセスにおける化学反応は、表面上の利用できるボンド (反応性サイト) が完全に埋められてしまう点において自己制限的 (セルフ・リミティン

2

グ) である。このことは膜の成長を単一層の反応物化学種に制限する。このプロセスにおける表面化学反応を利用することを通して、前駆物質の反応性促進がより低温において起こることが期待される。分子化学種は、自己制限的反応とより低い成長温度とを利用できるように、既知の表面化学反応から選ばれる。この選択には、反応とより低い成長温度に注目して前駆物質分子を選択することが含まれる。この選択には、表面被覆の正確な制御を許容する、吸着した/反応物化学種の立体的な相互作用に注目して前駆物質分子を選択することが含まれる。

【0004】 ALEには2つの基本的形態が存在する。その1つの形態は直接的なALEプロセスを利用するもので、そこにおいては構成元素が基板の上に堆積され、続いてそれらの反応物と最外表面原子との間に直接的な化学反応が起こる。第2のプロセス形態は、基板表面原子と、化学的化合物である反応物分子との間の逐次的な表面交換反応によるものである。

【0005】 典型的には、ALE方式において使用される真空処理室は 10^{-6} Torr 台の高い真空圧力 (比較的大きい圧力である) にまでガス状分子が充填される。真空処理室は頻繁に、暴露間に不活性ガスでバージされる。これらの比較的高い圧力は、通常のバージ操作による膜中への不純物混入の原因となり得る。

【0006】 単結晶表面への分子化学種の正確な添加法についても、*Journal of Vacuum Science Technology* の第43巻、頁408 (1985年) にC. T. キャンベル (Campbell) とS. M. ベローン (Velone) および *Journal of Vacuum Science Technology* の第46巻、頁2929 (1988年) にA. ウィンクラ (Winkler) とJ. T. イェイツ (Yates) Jr. によって述べられたように理解され、またR. M. ウォーレス (Wallace) によるピッツバーグ大学の学位論文「半導体表面の後方散乱および化学的研究 (Backscattering and Chemical Investigation of Semiconductor Surfaces)」に述べられたように広く学術的な表面科学実験として取り組まれてきた。この技術は典型的には1気圧よりも低い圧力にある高純度ガス蒸気を収容するガス貯蔵容器を用いる。この貯蔵容器は、基板の暴露を行うために用いられる真空処理室へ、直径が数ミクロンの程度のコンダクタンスを制限する小さいオリフィスを介してつながれている。これによって、貯蔵容器の圧力を調節することにより、システム中への分子流束を正確に制御することができるようになる。分子の流束は、一般的に基板方向を向いた、細管の配列を含む流出細管アセンブリを通して送り出される。

【0007】 既述のように、従来技術において必要であったバージ工程は、原子および/または分子尺度で機能するシステムに対しては不純物を混入させる原因となる。従って、操作手順からバージ工程を省くことが望ましい。

【0008】

【発明の概要】前駆物質ガスの方向づけられた流出分子線と適当なガス貯蔵容器とを使用することによって、基板は高度な正確さで以てガス状の前駆物質分子に曝され、その結果非常に低い雰囲気温度においてエピタキシャルな、または非晶質な吸着単原子層が形成できる。流出線は、コンダクタンスを制限する小さいオリフィスでガス貯蔵容器から隔てられた適当な細管配列を用いることによって方向づけることができる。基板表面の暴露は、ビームのシャッタ操作、ガス貯蔵容器の供給圧力の調節、そして直接ビームに対する基板の相対位置の移動によって制御される。

【0009】正確な、方向づけられた流出ビームの使用によって、従来のALEにおける中断バージ工程なしに基板表面を当該前駆物質分子へ暴露させることが可能となり、そのため真空容器壁からの不純物の混入が回避される。基板付近の局所的な圧力は 10^{-7} ないし 10^{-8} Torr台であり、一方、処理室の残りの領域の圧力は 10^{-9} およびそれ以下という超高真空度領域に留まっている。用いられる化学種毎に別々のガス添加設備を使用することによって純度もまた保たれる。

【0010】付属の貯蔵容器のガス圧を制御することによって、コンダクタンスを制限するオリフィスを通して基板へ供給される分子の流束が制御される。基板の添加位置を制御することによって、確立された角度分布計算に基づいて基板表面の被覆性が制御できる。表面膜の成長は、ALEプロセスと、シャッタの使用、ポンプ、または結晶の位置決めとによって制御される。シャッタおよび基板の位置制御は、残留ガス分析器のような分圧モニタのコンピュータ制御によって提供される。ポンプのバルブもまたコンピュータ制御される。前駆物質ガスの供給圧力は、圧力モニタ装置とバルブ、または質量流量制御装置によって保持される。

【0011】極端に低い圧力において暴露を実行することによって、膜の純度は従来の原子層エピタキシーのそれを凌駕する。更に、材料およびドーパントの分布も単原子層厚の尺度で制御できる。真空処理室のガスバージが不要のため成長速度が加速される。要求される真空の圧力のために、気相での成長核発生の機会が減少する。

【0012】従来技術に比べてより少量の前駆化学物質／ガスしか必要でないため、経済的な特長も得られる。更に、有害な化学物質の量も、もし必要とされるとしても、少なく済むため、健康への危険度も小さくなり、廃棄処分の必要も少なくなる。

【0013】本発明に従うシステムと方法は分子線エピタキシー等の従来の超高真空成長技術と組み合わせて使用でき、それによってガス状にすることが容易でないソース材料化学種を含めることができる。このように、方法を組み合わせることによって広範囲な化学的化合物を膜中へ取り込むことができるようになる。

【0014】

【実施例】図1およびここに示されるシステムを参照すると、誘電体および／または金属の堆積を必要とする任意のデバイスがそこにおいて作製できる。半導体デバイスを作製する場合を想定すると、約 10^{-9} ないし約 10^{-11} Torrおよびそれ以下という真空度の超高真空処理室1が提供される。例えば、ガリウム砒素のようなIII-V族化合物半導体やシリコン、その他のような望ましくは単結晶基板である適当な基板3が処理室1中に配置され、x、y、およびz方向（すなわち三次元的に）移動できるようになっており、また標準的な自動ウェハホルダに備わっているように、標準的な仕様では試料を通る軸周りに回転可能となっている。目的は、基板表面を添加アセンブリの見通し線の方向に揃えることを可能とすることである。

【0015】貯蔵容器5のバルブを開閉することによって決定される、予め定められた量の適当なガス（または複数のガス）が、ガス貯蔵容器から、約1ないし5ミクロンの直径を有するコンダクタンス制限オリフィス9と細管を配列状に配置した添加器7を通して、基板に近接した場所から真空処理室雰囲気中へ排出される。後者はオリフィスの形であることが望ましく、真空処理室内の場所から基板3方向へ向けられている。添加アセンブリはガス状の前駆物質を基板表面へ空間的に制御された形で供給する手段を提供する。添加器は例えば、円筒状の管から作られ、あるいは微細管配列のようにもっと複雑な孔の配列の形（シャワーヘッド）に作られる。オリフィスの目的は、前駆物質の貯蔵容器から添加アセンブリへ、更にそこから基板へ、ガス状の前駆物質を、制御して、再現性よく供給することを可能とすることである。オリフィスの寸法は、コンダクタンスが貯蔵容器の圧力に依存せずに（すなわち分子流運動モデルが適用できる）、また真空処理室の完全性（そして、膜の純度）が保持されるように、妥当な成長速度として許容できる速度に前駆物質分子の流束を制御する重要な値である。

【0016】処理室中の圧力はそこへのガスの流入によって主として基板3の近傍において上昇し、基板上へのガスのうちのいくらかが分解して堆積することによって低下するであろう。処理室1中の圧力、特に基板3の近傍の圧力をモニタして、処理室中で十分な量のガスが基板1上へ堆積した時点を決断する。基板近傍の圧力は、例えば残留ガス分析器（RGA）によって間接的にモニタされる。RGAは添加アセンブリ中へ導入される前駆物質化学種の分圧をモニタするように調整される。前駆物質のこの流束の一部が基板3に遮られ、その後、その表面において反応を起こす。前駆物質の残りのものは基板に衝突することなく通り過ぎ、処理室中にランダムに散乱される。この前駆物質に関するRGA信号はこのランダムな流束の尺度と考えることができ、基板付近の局所的な圧力の間接的なモニタとして役立つ。貯蔵容器

排気システム11は、バルブを閉めた源材料タンク5を除いて、残留している前駆物質化学種を貯蔵容器の容積から除去する。オリフィス9と添加アセンブリ7との間の領域は処理室1排気システムによって排気される。これは小さいガス容積であって、試料の近傍からのガスの除去は迅速に行い得る。オリフィス9と添加アセンブリ7との間の小さいエリアには流束の一時的な制御を改善するために、第2の排気/バルブ構造を設けることができる。シャッターアセンブリも、添加アセンブリ7と基板3との間に置かれる場合、このために使用できる。上述の手順を次に再実行して、同じまたは異なる材料の次の原子層または分子層を形成し、最終的な望みの構造を得るまで必要な回数、これを繰り返すことができる。

【0017】ガス貯蔵容器5は、各々にバルブを備えた複数のガス収容タンクを含んでいる。各々の堆積工程において必要とされる特定のガスまたは複数のガスによってどのガス収容タンクを開くべきかが決まる。更に、ガス収容タンクの各々では既知の圧力が保たれることで、各タンクのバルブを開閉することにより既知の量のガスが解放または停止されるようになっている。

【0018】例えば、ドーパされたガリウム砒素の層を基板3上に作製することを想定すると、まず清浄な未ドーパのガリウム砒素が基板として選ばれ、従来の排気システム（図示されていない）によって処理室1は 10^{-10} Torrの真空中に排気される。ドーパされたガリウム砒素層を作製するために必要とされるガスがガス貯蔵容器5中へ約0.1ないし約10 Torrの圧力で供給される。ガス貯蔵容器5には、適当なガスが加圧されて収容された複数の個々の別々になったタンクが含まれ、各タンクにはそのタンクからガスを流出させるための制御されたバルブ（図示されていない）が設けられている。この圧力領域において、オリフィス9は与えられた前駆物質に対して一定の漏れ流量を有する。典型的な値は 10^{12} ないし 10^{13} 分子/秒間である。要求される数値は基板3表面の反応性サイトの数に依存する。これのおよその見積値は、例えば約 10^{16} サイトである。従って、前駆物質との化学的反応を通して反応性表面サイトを完全に埋め尽くすためには100ないし1000秒という時間が必要である。鍵となる概念はALEプロセスの有する自己制限性である。すなわち、人がやるべきことは単に前駆物質ガスの量をおおよそ制御することだけであって、自己制限的な表面反応が残りの作業の面倒を、定義に従って見る。従って、タンク5のうちの1つから、それに付随するバルブを既知の時間だけ開閉することによって、細管配列添加器7とコンダクタンス制限オリフィス9を通して、排気された処理室1中へアルシナガスが導入される。オリフィス9の直径は約1ないし5ミクロン、望ましくは3ミクロンである。上述の排気系列を用いて、その他の前駆物質化学種（トリメチルガリウムとシランドーパント）が継続して導入される。前駆物質を

継続的に導入することによって、貯蔵容器中での望ましくない気相反応を回避することができる。これは処理室1中での圧力の何らかの上昇を招き、その圧力は、基板3上への気相からの材料分解および/または堆積によってもたらされる予め定められた値への低下復帰まで標準的な圧力測定装置（図示されていない）によって監視される。圧力の変化は基板表面へ堆積した材料の量の尺度である。前駆物質ガスがガリウム、砒素、そしてドーパントを含む場合には、ドーパされたガリウム砒素が基板3上へ堆積する。

【0019】原子層エピタキシーは、自己制限的な成長を示す前駆物質の使用に基づいている。理想的な前駆物質は、当該元素の単原子層を堆積させる化学種を含んでおり、その単原子層は付加的な刺激、あるいは更に初期の化学種と反応する第2の前駆物質化学種の存在なしには、それ以上の反応を起こさない。この方法は2つよりも多い反応物を含むことができ、理想的にはデルタ・ドーピング（構造中に単原子層のドーパントが配置され、各々のドーパントが電気的に活性化している場合）に使用するのに適している。特定実施例として、シリコンカーバイド（SiC）の成長のための原子層エピタキシーの利用について述べることにする。

【0020】用いられるシリコン前駆物質は SiCl_2H_2 であり、炭素前駆物質は CH_2Cl_2 である。アルミニウムはSiCに対するp形ドーパントであり、従ってアルミニウム前駆物質としては $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ の使用が適当である。さて、SiC基板が SiCl_2H_2 の制御された量に曝されると、それはSiC表面に結合し、この過程で2つの水素原子が失われる。一旦、単原子層が堆積されると、基板表面は $\text{Si}-\text{Cl}$ 化学種で覆われる。この基板表面はもはや反応性でなく、したがってSiの堆積は停止する。次の工程は表面を再び反応性とするため、塩素を除去することである。この作業を実行するにはいくつかの方法がある。例えば、理想的な解決法は、表面を制御された量の CH_2Cl_2 に曝すことを含み、それによって表面に結合している塩素を気体（ HCl および Cl_2 ）として解放し、それによって表面に炭素を堆積させるものである。他の解決法は

(1) 基板表面を原子状の水素に曝すことによって HCl を形成させる、(2) 紫外線を基板表面に照射して $\text{Si}-\text{Cl}$ の結合を断ち切る、(3) 基板表面を加熱して $\text{Si}-\text{Cl}$ 結合を熱的に断ち切る、を含む。塩素を除去した後は、反応性のシリコン表面が炭素を運ぶ前駆物質 CH_2Cl_2 に曝されることになり、それによって炭素の単原子層が堆積することになる。再び、上述のようにして塩素を除去する。プロセスの適当な時点で同じようにしてアルミニウムドーパントが付加される。適当な時点というのは構造中のドーパントを必要とする層が堆積された時である。

【0021】堆積は比較的低温で起こっているため終端

されている表面は全く安定であることを指摘しておく。終端化学種を除去するために中間的な反応物を使用することが必要ではあっても（例えば上述の塩素の例）、上述の流出線装置を通して制御された暴露を行うことによって、他の方法では不可能な複雑な構造を成長させることができる。これは、開示された本方法を標準的なALEまたはマイグレーションによって促進されるエピタキシーと区別する重要な特徴である。

【0022】基板3は一般に室温にある。しかし、必要に応じて、標準的なやり方で加熱または冷却することができ、それによって基板上への成長を刺激することができる。

【0023】貯蔵容器排気システム11は処理室1中のガスを変更する場合に使用される。その場合、ガス貯蔵容器5を閉じて、コンダクタンスを制限するオリフィス9および細管配列添加器7中のすべての残留ガスが貯蔵容器排気システム11中へ排気される。次に別の単原子層または単分子層を形成するための、上述の前駆物質の1つまたは複数個が、必要に応じて同じまたは異なる前駆物質ガスと共に、繰り返し用いられて、作製すべきデバイスが構築される。

【0024】ガス貯蔵容器5のタンクからのガス流量を制御するバルブ（図示されていない）は、例えばコンピュータ制御で自動化しても、あるいは手動であっても構わない。

【0025】真空処理室1中の高真空状態を保つ目的で、真空処理室にロード・ロック（図示されていない）をつないで、処理された基板あるいは処理されるべき基板を、処理室中の真空をほとんど乱すことなく処理室1からロード・ロックへ出し入れできる。このことで、必要とされる高真空状態を達成するために要する時間が短縮される。

【0026】本発明はその特定の実施例について説明してきたが、当業者には数多くの変形や修正が直ちに考え付くであろう。従って、特許請求の範囲に請求された本発明は、従来技術の観点から、そのような変形や修正をすべて包含するように可能な限り幅広く解釈されるべきである。

【0027】以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

(1) 基板上へ単原子層または単分子層を形成する方法であって：

(a) 排気された処理室中へ基板を配置すること、
(b) 前記処理室を約 10^{-9} Torrより低い圧力に排気すること、および(c) 前記基板から離れた前記処理室の領域における圧力を低いままに保ちながら、前記処理室中へ予め定められた量の予め定められた複数の前駆物質ガスを、前記処理室中の前記基板に近い場所から注入して、前記基板の表面に前記単原子層または単分子層を形成すること、の工程を含む方法。

【0028】(2) 第1項記載の方法であって、前記工程(c)が、その中に前駆物質ガスを予め定められた圧力で収容する複数のタンクを提供することと、前記タンクのうちの予め定められたものを前記のタンク中の前記圧力を保ちつつ前記処理室へ向けて予め定められた時間だけ開くこと、の工程を含んでいる方法。

【0029】(3) 第1項記載の方法であって、前記注入工程が、前記予め定められた量の前記予め定められた前駆物質ガスを、添加量を制限する指向性構造によって主として前記基板に向けて注入する工程を含んでいる方法。

【0030】(4) 第2項記載の方法であって、前記注入工程が、前記予め定められた量の前記予め定められた前駆物質ガスを、添加量を制限する指向性構造によって主として前記基板に向けて注入する工程を含んでいる方法。

【0031】(5) 第1項記載の方法であって、更に前記添加量制限指向性構造から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去する工程を含んでいる方法。

【0032】(6) 第2項記載の方法であって、更に前記添加量制限指向性構造から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去する工程を含んでいる方法。

【0033】(7) 第3項記載の方法であって、更に前記添加量制限指向性構造から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去する工程を含んでいる方法。

【0034】(8) 第4項記載の方法であって、更に前記添加量制限指向性構造から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去する工程を含んでいる方法。

【0035】(9) 第5項記載の方法であって、更に第1項の工程を繰り返すことを含んでいる方法。

【0036】(10) 第6項記載の方法であって、更に第2項の工程を繰り返すことを含んでいる方法。

【0037】(11) 第7項記載の方法であって、更に第3項の工程を繰り返すことを含んでいる方法。

【0038】(12) 第8項記載の方法であって、更に第4項の工程を繰り返すことを含んでいる方法。

【0039】(13) 基板上へ単原子層または単分子層を形成するためのシステムであって：

(a) 排気された処理室、(b) 前記処理室を約 10^{-9} Torrよりも低い圧力に排気するための、前記処理室へつながれた排気装置、および(c) 前記基板から離れた前記処理室の領域における圧力を保ちながら、前記処理室中へ予め定められた量の予め定められた1つまたは複数の前駆物質ガスを、前記処理室中の前記基板に近い場所から注入して、前記基板の表面に前記単原子層または単分子層を形成するための貯蔵容器、を含むシステム。

【0040】(14) 第13項記載のシステムであって、前記貯蔵容器が、その中に前駆物質ガスを予め定められた圧力で収容する複数のタンクを含み、前記タン

クの各々に対して設けられて、前記タンクのうちの予め定められたものを前記タンク中の前記予め定められた圧力を保ちつつ前記処理室へ向けて予め定められた時間だけ開くための制御されたバルブを含んでいるシステム。

【0041】(15)第13項記載のシステムであって、更に、前記貯蔵容器につながれたコンダクタンスを制限するためのオリフィスと、前記オリフィスにつながれて前記処理室中の前記基板近くへ延びて、前記予め定められた量の前記予め定められた前駆物質ガスを主として前記基板へ向けて導くための細管添加器を含むシステム。

【0042】(16)第14項記載のシステムであって、更に、前記貯蔵容器につながれたコンダクタンスを制限するためのオリフィスと、前記オリフィスにつながれて前記処理室中の前記基板近くへ延びて、前記予め定められた量の前記予め定められた前駆物質ガスを主として前記基板へ向けて導くための細管添加器を含むシステム。

【0043】(17)第13項記載のシステムであって、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

【0044】(18)第14項記載のシステムであって、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

【0045】(19)第15項記載のシステムであって、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

【0046】(20)第16項記載のシステムであって、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

て、更に前記オリフィスおよび前記添加器から残留している予め定められた前駆物質ガスを除去するための手段を含むシステム。

【0047】(21)原子層毎にあるいは分子層毎に高純度材料のエピタキシャル成長を行うためのシステムと方法とであって、そこにおいては約 10^{-9} Torrよりも低い圧力に排気された真空処理室中に基板が配置され、前記基板から離れた前記処理室中の領域における圧力を約 10^{-9} Torrよりも低い値に保ちつつ、予め定められた量の複数の予め定められた前駆物質ガスが処理室中の前記基板に近接した場所から前記処理室中へ注入されて、前記基板の表面に原子層または分子層を形成するようになっている。前駆物質ガスは、その中に予め定められた圧力で収容された前駆物質ガスを含む複数のタンクから、前記タンク中の圧力を保ちつつ、前記タンクの予め定められたものを前記処理室へ向けて予め定められた時間だけ開くことによって供給されるようになっている。添加量を制限する指向性構造によって予め定められた量の前駆物質ガスを主として基板へ向けて供給するために、添加量を制限する構造が設けられている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う、方向づけられた流出線原子層エピタキシーシステムの模式図。

【符号の説明】

- 1 真空処理室
- 3 基板
- 5 貯蔵容器
- 7 細管配列添加器
- 9 オリフィス
- 11 貯蔵容器排気システム

【図1】

